

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 58-003976
(43)Date of publication of application : 10.01.1983

(51)Int.Cl. C23C 15/00
C23C 15/00

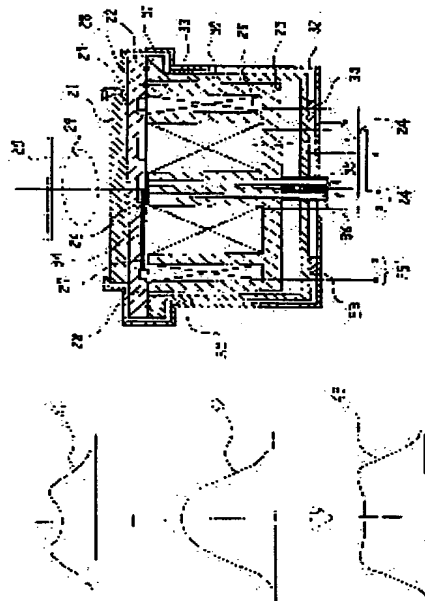
(21)Application number : 56-099660 (71)Applicant : HITACHI LTD
(22)Date of filing : 29.06.1981 (72)Inventor : KOBAYASHI HIDE
ABE KATSUO
KAMEI TSUNEAKI
TATEISHI HIDEKI
AIUCHI SUSUMU

(54) METHOD AND DEVICE FOR FORMATION OF FILM BY SPUTTERING

(57)Abstract:

PURPOSE: To make the distributions of deposited film thicknesses uniform by flowing electric currents of prescribed periods to electromagnets, and changing the magnetic induction forces energized in the inside and outside electromagnet coils thereby changing the diameter of plasma rings.

CONSTITUTION: A packing plate 22 to serve as the cathode is provided to a target flat plate 21, and a yoke 23 which generates prescribed magnetic flux distributions in the hollow space 29 over the 1st plane of the plate 21, inside, outside electromagnet coils 24, 25, a central magnetic pole terminal 26, inside, outside magnetic pole terminals 27, 28, an electrode support 30, and an O-ring 31 are provided. A shield 32 to serve as the anode is provided via an insulation spacer. When sputtering is effected by applying a high voltage power source, plasma rings are generated in the space 29 over the plate 21. If the difference in the magnetic induction forces to be applied upon the coils 24, 25 is decreased to decrease the diameter of the plasma rings, the thickness distributions of the formed films of a curve 62 are obtained. If the difference is increased, a curve 61 is obtained, and the synthetic films of a curve 63 are distributed on a substrate 20 to be formed with films, whereby the uniform thickness of the formed films is obtained.



In consideration that when magnetic flux lines are generated from one magnetic flux source, an attraction force or a repulsive force which is a Maxwell stress acts between the magnetic flux lines without interlinking between magnetic fluxes in nature, the invention provides a planer magnetron sputtering device which is configured to include one magnetic flux source having at least three magnetic pole planes and control a flux content generated in some of the magnetic pole planes to easily and widely move areas in which a flux content generated in the remaining magnetic pole plane and a distribution thereof are formed, that is, regions where plasma is formed. By flowing a current varying with a predetermined cycle during a sputtering processing to electromagnets provided in some of magnetic pole bodies, and simultaneously increasing/reducing sputtering power by synchronizing with the predetermined cycle, a sputtering amount is increased/reduced while circular-plasma generating areas are moved with the predetermined cycle at least one or more times. Film-forming is performed by combination of film thicknesses obtained in the circular-plasma generating areas.

Hereinafter, the invention will be described in detail based on embodiments illustrated in the drawings.

Figs. 2 and 3 are schematic cross-sectional views

illustrating an embodiment of an electrode portion of a sputter electrode structure according to the invention. As main components of the electrode portion, a target flat pate 21 (254 ϕ mm, thickness 20 mm, Al-2%Si), a packing plate 22 (made of copper) which fixes the target flat pate 21 by, for example, a suitable brazing means and serves as a cathode, a yoke for generating a magnetic field 23 which serves as means for generating predetermined magnetic flux distributions in a hollow space over a first plane of the target flat pate 21, an inside electromagnet coil 24, an outside electromagnet coil 25, a central magnetic pole terminal 26, an inside magnetic pole terminal 27, an outside magnetic pole terminal 28, an electrode support 30, a rolling 31, a shield 32 which serves as an anode, and an insulation spacer 33 are provided.

In the embodiment illustrated in Fig. 2, the target flat pate 21 has a circular shape, since a substrate which is used as a target for film-forming in this embodiment has a circular shape. However, it is preferable to provide a rectangular target flat pate when a rectangular substrate is used. That is, the circular electrode portion of the electrode structure described in this embodiment is one example, and a rectangular electrode portion does not depart from the scope and spirit of the invention.

In addition, a flow passage 34 through which coolant such as water passes is formed on a rear side of

the packing plate 22, and pipes 35 and 36 which supply the coolant from the outside to the flow passage 34 via the yoke for generating a magnetic field 23 or the like and discharge the coolant are provided to cool the target flat plate 21.

Fig. 4 is a schematic view illustrating the configuration of a power source for excitation of the electrode structure. As main components of the excitation power source, two current supply circuits are mounted for completely separately controlling the inside electromagnet coil 24 and the outside electromagnet coil 25. A microprocessor 41 and a memory 42 are used, such that the current to be applied to the inside and outside electromagnet coils 24 and 25 of the excitation power source is completely randomly set, that is, the current is not time-serially varied but is set to a current waveform such as a rectangular waveform, a triangular waveform, and an AC waveform having a constant current or a constant cycle. Information about a predetermined current waveform is supplied from a keyboard 43 or a suitable external memory device 40 (for example, magnetic tape, magnetic disc). An output from the microprocessor 41 is applied to digital-analog signal converters 44a and 44b (D-A converter). Then, the output from the digital-analog signal converters is amplified to be a predetermined intensity by current amplifiers 45a and 45b such that the inside and outside electromagnet coils 24 and 25 can be

excited.

Since the excitation power source illustrated in Fig. 4 has the inside and outside electromagnet coils 24 and 25 as a control target, the excitation power source is a power source having constant current characteristics. Further, the excitation power source has means which detects the output current, that is, current values of the electromagnets, by output current detecting units 46a and 46b, compares it with a predetermined current value from the D/A converters 44a and 44b, and gathers the information to the current amplifiers 45a and 45b for performing correction.

As a high-voltage power source for supplying discharge power causing the sputtering to be performed, that is, a sputter power source, a well-known source with an output voltage of 0 to 800 V and an output current of 0 to 15 A was used. In addition, as is well known, the high-voltage power source has constant current output characteristics in order to control the current to be applied to glow discharge.

As describe above, a sculptured area in which the sputtering has been performed on the target flat pate is disposed substantially just below the position in which plasma rings are generated. Upon generation of the plasma rings, electromagnetic vectors, that are distant from the first place of the target flat plate by a distance of 10 to 20 mm, in the hollow space over the first plane of the

target flat pate, are focused to an area which is parallel to the first plane of the target flat pate, under the condition in which a sputter pressure is a sputter pressure of about 1 to 10 mtorr for a general planer magnetron sputtering device. Then the plasma rings are generated.

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—3976

⑤ Int. Cl.³
C 23 C 15/00識別記号
1 0 2
1 0 4庁内整理番号
7537—4K
7537—4K④ 公開 昭和58年(1983)1月10日
発明の数 2
審査請求 未請求

(全16頁)

⑭ スパッタリングによる成膜方法及びその装置

式会社日立製作所生産技術研究
所内

① 特 願 昭56—99660

② 発 明 者 立石秀樹

② 出 願 昭56(1981)6月29日

横浜市戸塚区吉田町292番地株
式会社日立製作所生産技術研究
所内

⑦ 発 明 者 小林秀

② 発 明 者 相内進

横浜市戸塚区吉田町292番地株
式会社日立製作所生産技術研究
所内横浜市戸塚区吉田町292番地株
式会社日立製作所生産技術研究
所内

⑦ 発 明 者 阿部勝男

① 出 願 人 株式会社日立製作所

横浜市戸塚区吉田町292番地株
式会社日立製作所生産技術研究
所内東京都千代田区丸の内1丁目5
番1号

⑦ 発 明 者 亀井常彰

④ 代 理 人 弁理士 薄田利幸

横浜市戸塚区吉田町292番地株

明 細 書

1 発明の名称 スパッタリングによる成膜方法
及びその装置

2 特許請求の範囲

1 少なくとも三つの磁極を有し、且少なくとも
2 の磁界発生手段を有し、この磁界発生手段の
うち少なくとも1つは電磁石を備えたプレーナマ
グネトロン電極を用い、上記電磁石に所定の周
期をもって電流を流し、同時に上記所定の周期
に同期させてスパッタ電力を増減させ、環状の
プラズマ発生領域を上記所定の周期で少なくとも
1 回以上移動させながらスパッタ量を増減させ
てそれぞれの環状プラズマ発生領域においてえ
られる成膜膜厚を合成して成膜をすることを特
徴とするスパッタリングによる成膜方法。

2 少なくとも三つの磁極を有し、且少なくとも
2 つの磁界発生手段を有し、この磁界発生手段の
うち少なくとも1つは電磁石を備えたプレーナマ
グネトロンスパッタ電極を設け、上記電磁石に
所定の周期でもって電流を印加する手段を設け

該手段で印加する電流の周期と同期させて電力
を増減させてターゲットに印加するスパッタ電
力印加手段を設け、上記手段と上記磁界発生手
段とによってプラズマ発生領域を所定の周期で
少なくとも1回以上移動させながら上記スパッタ
電力印加手段でスパッタ量を増減させて夫々の
プラズマ発生領域において成膜膜厚を合成して
成膜するように構成したことを特徴とするスパ
ッタリングによる成膜装置。

3 発明の詳細な説明

本発明は薄膜材料のスパッタ装置で使用する
ターゲット平板の長寿命化と試料表面上の堆積
膜厚分布を制御することを図ったプレーナマ
グネトロン方式のスパッタリングによる成膜方
法及びその装置に関するものである。

スパッタリング技術は、低圧の雰囲気ガスを
グロー放電を起こしてイオン化(プラズマ状)
し、陰陽電極間に印加された高電圧により、そ
のプラズマ状イオンが加速されて、陰極におか
れたターゲット材料の平板に衝突させられる。

衝突させられたイオンにより飛び出されたターゲット材料の構成原子又は粒子は、陽極近傍に設けられた基板上に付着堆積して、ターゲット材料の薄膜を形成する技術である。

この場合、グロー放電によって発生したイオンを空間内に高密度に閉じ込め、これをターゲット材料平板上に有効に運び込むことが、堆積速度を改善し、電子による基板の損傷を低減する上で重要となっている。

そのために前記のイオンをターゲット材料平板面上の空間領域に閉じ込め高密度化を図ることが有効である。そして、磁界構成が検討されて来ている。

特にプレーナーマグネトロン方式スパッタリング装置は、その堆積速度が従来の抵抗加熱型真空蒸着装置に匹敵する程度になるに及び、近年薄膜集積回路や半導体デバイス用の薄膜形成装置として、その生産用成膜工程に多用されるに到った。

第1図は良く知られた従来技術によるプレー

3

に衝突し、その結果、ターゲット1表面から順次、その原子又は粒子がはじき出され、侵食領域12が形成される。

なお5は水冷機構である。この侵食領域12は、以上の説明から推定されるように、スパッタリング工程の時間経過に伴って侵食度が進むが、この侵食は通常第1図に示す構成のターゲット平板構造体では、ターゲット平板の特定の領域に限定されて進行するため、実効的には侵食領域の体積程度しか使用できないとされる。

したがって初期的には目的とする均一な膜厚分布が得られても、さらに、かかる侵食領域の形成によって、はじき出されるターゲット材料の原子のはじき出される方向及び量が変化するため、試料基板表面上の被堆積薄膜の膜厚分布が経時的に変化し、許容される成膜膜厚分布のかたまりが大となり、ターゲット材料の板厚を消耗し切ることになるよりはむしろ膜厚分布の経時劣化によりターゲット材料の寿命が決定されてしまう欠点がある。

5

ナーマグネトロン方式スパッタリング装置のターゲット材料平板近傍の構造を示す概念説明断面図である。ターゲット材料平板(以下ターゲット平板という)1の裏面にヨーク6により磁気結合されたリング状磁極2と、そのリング状磁極2の中心部に円柱状磁石3とが、磁気回路を構成して配置されている。これらの磁極2、3によってターゲット1の表面側(第1図1の下側)の空間に磁力線の分布、換言すれば円環体(Torus)の高さ方向に垂直な平面で半裁し、その半裁面がターゲット平板1の表面に平行に、おかれた半円環状磁界分布、通称トンネル状磁界分布11が発生する。このトンネル状磁界分布11によって、その内部に上記プラズマ状イオンが高密度に閉じ込められる(図示せず)。このプラズマ状イオンは、さらに陽極10とターゲット平板1の裏面に絶縁スペーサ8を介して設置された陰極7間に印加された高電圧により発生しているターゲット平板1の表面にはほぼ垂直な電界によって加速され、ターゲット平板1表面

4

そのために、多数の試料基板に連続して成膜したいとか長時間のスパッタリング工程を実行したい場合にその実行が不可能となり、これが従来のスパッタリング工程の限界とされていたのである。その後この欠点を除くために上記侵食領域12が広面積でターゲット平板1表面上に発生するように磁界分布11を変化してやること、が提案された(特開昭51-86083, 特開昭53-7586)。

この技術の理論的背景ないし、技術的思想は特開昭51-86083号公報の第2頁、右下の欄、第19行目から第3頁、左上の欄、第2行目にあ

る如く、「最大のターゲット侵食は、磁力線がターゲット板に平行になる上記の点或は領域に描い且つこの領域の下に横たわっている領域において発生する」にあるとされ、かくして特開昭51-86083号公報においては、その特許請求の範囲の第1項に記載された文言にあるごとく、第1の磁界手段に対して、前記の源に垂直な方向に補助的な可変磁界を発生させ、補助的な可

6

変磁界を変化させてその合成磁力線が前記の源と平行になる位置を連続的に移動させる第2の磁石手段を具備したものであるとし、具体的な技術として図面の第4図に示す電磁石を孤立的に配置した実施例を開示している。他 特開昭53-7586号公報においては、その技術は端的に述べれば、磁石手段そのものを機械的に移動するものである。

しかるに、本願発明者らは上記の公知例中の技術的思想に対しても、本願発明者の実験事実¹⁰に照らし合わせて再検討し、上記公知例に示された技術的手段よりも一層その効果が改善され、さらに新たに、堆積した薄膜の膜厚およびその分布をほぼ任意に制御できる技術を実現することができた。

本発明の目的は、上記した従来技術の欠点をなくし、均一な膜厚分布が得られ、且実用に供せられるようにしたプレーナーマグネトロン方式スパッタリングによる成膜方法及びその装置を提供するにある。

7.

体的に説明する。

第2図及び第3図は本発明に係わるスパッタ電極構造体の電極部分の一実施例の概略断面を示したものである。該電極部分の主たる構成要素としては、ターゲット平板21(254 μ m、厚さ20 μ m、4 μ m-2 μ Si)、ターゲット平板21を例えば、適当なろう付け手段で固定し、かつ陰極となる、バックングプレート22(銅製)、該ターゲット平板21の第1の主面上の中空空間に所定の磁束分布を発生させる手段である磁界発生用ヨーク¹⁰23、内側電磁石コイル24、外側電磁石コイル¹⁵25、中心磁極端26、内側磁極端27、外側磁極端28、電極支持体30、ロリング31、陽極となるシールド32、及び絶縁スペーサ33がある。

第2図に示す実施例ではターゲット平板21は¹⁵円形であるが、これは本実施例で用いた成膜対象となる基板が円形であるためで、矩形の基板を用いる時には矩形のターゲット平板を用意することが適当であろう。すなわち本実施例で述べる円形の電極構造体電極部は一実施例であり

本発明の要点とするところは、磁束線が一の磁束源から発生した場合には、その性質として、磁束同志は交鎖することがなく、磁束線相互に、
.....応力なる引力ないし斥力が作用していることに鑑み、少くとも三つの磁極面を有する、一の磁束源を構成し、その一部の磁極面に発生する磁束量を制御して、残りの他の磁極面に発生する磁束量およびその分布の立つ位置、すなわちプラズマの立つ領域を容易に且広く移動させるようにしたプレーナーマグネトロン方式スパッタリング装置であつて、その一部の磁極体に設けた電磁石にスパッタリング工程中所定周期をもつて変化する電流を流し、同時にこの所定の周期に同期させてスパッタ電力を増減させて環状のプラズマ発生領域を所定の周期で少く¹⁵とも1回以上移動させながらスパッタ量を増減させてそれぞれの環状プラズマ発生領域においてえられる成膜膜厚を合成して成膜をすることとを特徴とするものである。

以下本発明を図に示す実施例にもとづいて具

8.

矩形等の電極部の形についても本発明から外れるものではない。

またバックングプレート22の裏側に水等の冷媒を通す流路34が形成され、この流路34に外部から磁界発生用ヨーク23等を介して上記冷媒を供給、排出するパイプ35、36が設けられ、ターゲット平板21を冷却するように構成している。

第4図は、本電極構造体の励磁用電源の概略構成を示したものである。該励磁電源部の主たる構成要素としては、内側電磁石コイル24、外側電磁石コイル25を全く別に制御するために、電流供給回路が、2つ組み込まれている。該励磁電源部、該内側および外側電磁石コイル24、25に印加する電流を全く任意に、すなわち、時間的に変化せぬ一定電流または一定の周期をもつた矩形波状、三角波状、交流波形等の電流波形に設定することができるようマイクロプロセッサ41とメモリ42を用いており、キーボード43、または適当な外部記憶装置40(例えば

磁気テープ、磁気ディスク)から所定の電流波形に関する情報を与え、マイクロプロセッサ41の出力をデジタル-アナログ信号変換器44a、44b(D/Aコンバータ)に加え、これをさらに電流増幅器45a、45bにて該内、外側電磁石コイル24、25を励磁できるだけの所定の強度にまで増幅する。

第4図の該励磁電源部は、制御対象としては該内、外側電磁石コイル24、25を扱うので、定電流特性をもつ電源であり、また出力電流検出部46a、46bにより、出力電流すなわち該各電磁石電流値を検出し、これをD/A変換器44a、44bより与えられる所定の電流値と比較し、補正を行うために、電流増幅器45a、45bに情報を帰還する手段をもっている。

スパッタリングを行わせしめる放電電力を供給するための高圧電源すなわちスパッタ電源には従来からよく知られているように0~800V程度の出力電圧と0~15A程度の出力電流をもつものを用いた。またよく知られているように、

11.

上の中空空間29に於ける磁束分布を測定した。磁束分布の測定には、ガラスメータを用いた。

第5図及び第6図は本実施例であるスパッタ電極構造体のターゲット平板1の第1の主面上の磁束分布を擬似的に求めるために、第2図の本実施例とは径同一の大きさのヨーク材を製作し、実測した一例である。第2図の実施例と、この擬似的に製作したヨークとのちがいは、第2図の内、外側電磁石コイル24、25を埋め込んでいる溝が浅いことである。

第5図及び第6図の縦軸は、該磁極端26、2728上の高さ(h)、横軸は第2図に示したスパッタ電極構造体スパッタ電極部の中心軸、すなわち該磁極端26の中心軸から、外向き半径方向への距離(r)である。外側電磁石コイル25の起磁力はそれぞれ40:1となるようにした。第6図では内側電磁石コイル24と、外側電磁石コイル25の起磁力は1.5:1となるようにした。第5図及び第6図では、内側コイル24と外側コイル25に流す電流の向きは、の互いに逆向きに

グロー放電へ投入する電力を制御するために、この高圧電源は定電流出力特性をもつものである。

前述したとおり、ターゲット平板上でスパッタリングの起る侵食領域はプラズマリングの発生する場所のほぼ直下に位置する。またプラズマリングの発生は、通常のブレーナマグネトロンで用いる1~10atorr内外のスパッタ圧力に於てはターゲット平板の第1の主面上の中空空間の、ターゲット平板の第1の主面から10~20mm程度の距離における磁界ベクトルがターゲット平板の第1の主面に平行となる領域に集束され、起こる。

したがって、ターゲット平板上の侵食領域の発生位置を知るにはターゲット平板の第1の主面側の中空空間に於ける磁束分布を知ることが有力な手段となる。

したがって、本実施例によるスパッタ電極構造体による成膜膜厚分布等の諸特性を求め、実験を行うまえにターゲット平板21の第1の主面

12.

第5図では、内側電磁石コイル24と、前述したように、磁界ベクトルがターゲット平板21の第1の主面と平行となる領域にプラズマリングが発生するので、第5図及び第6図中それぞれ53、54で示された領域にプラズマリングが発生する。

したがって、第5図及び第6図から明らかのように該内、外側電磁石コイル24、25に付勢する起磁力を変化させることにより、プラズマリングの発生場所を移動させることができる。

第5図及び第6図に示した例では、該内側電磁石コイル24、の起磁力を一定とし、該外側電磁石コイル25の起磁力を内側電磁石コイル24の起磁力の $\frac{1}{40}$ から $\frac{1}{1.5}$ に変化させたが、逆に該外側電磁石コイル25に与える起磁力を一定として、該内側電磁石コイル24に与える起磁力を変化させても、第5図及び第6図と同様に磁界ベクトルが該ターゲット平板21に対して平行となる領域を移動させることができる。

次に本実施例における成膜膜厚分布特性について述べる。第7図はターゲット平板上に発生

13.

14.

する円環状浸食領域の直径 D に対して、ターゲット平板の第1主面上から85mmの距離にターゲット平板の第1の主面と平行におかれた成膜対象基板20上の成膜膜厚分布特性がいかに変化するかを計算で求めた例であり、本発明の第1の基本的な技術思想を説明するものである。縦軸には成膜対象基板の中心での成膜膜厚を100%とした膜厚を示し、横軸には、該成膜対象基板上、該成膜対象基板中心からの外向き半径方向の距離(mm)を示した。

第7図で明らかなように、該円環状の浸食領域の直径 D が大であると、該成膜対象基板上、半径100mm程度のところに成膜膜厚分布として肩をもつ云わば双峰の形をした成膜膜厚分布特性を得る。逆に $D=125$ mm以下では、この成膜膜厚分布特性上の肩は消失し、該成膜対象基板の中心に山をもつ、云わば単峰の成膜膜厚分布特性を得る。

以上の論議は円環状浸食領域の直径 D について述べたが前にも述べたようにプラズマリング

の径直下にこの浸食領域が発生することから円環状浸食領域の直径をそのままプラズマリングの直径と考えて差しつかえない。したがって第5図及び第6図に示した磁界分布特性の制御性により、プラズマリングの直径を変化させ、第7図に示した如き、様様な成膜膜厚分布特性を任意に得ることができると予想できる。

第8図に示した曲線61は例えば第5図に示した、内側電磁石コイル24の電流と外側電磁石コイル25の電流をお互いに逆極性に通じ、かつ電磁石の起磁力を外側電磁石コイル25、内側電磁石コイル24との起磁力の比を1:40とした時に得られると予想される成膜膜厚分布特性の概念図であり、また第8図に示した曲線62は例えば内側電磁石コイル24と外側電磁石コイル25との起磁力の比を1.5:1としてプラズマリングの径を小さくした時に得られる成膜膜厚分布特性の概念図である。

1つの成膜対象基板への成膜工程中に、該内、外側電磁石の起磁力を変化させ、第8図に示す

15.

曲線61、62の如き成膜膜厚分布を与える操作を適当に行えば、結局は該成膜対象基板上では曲線61と曲線62が足し合わされた合成膜厚分布として、第8図に示す曲線63の如き、該成膜対象基板上の広い範囲にわたって、均一な成膜膜厚を得ることができる。

第9図は本実施例における成膜膜厚分布特性の一例を示したものであり、曲線71は、外側電磁石コイル25の起磁力を0として内側電磁石コイル24により約200ガウス程度の磁界の強さをターゲット上で得られるようにした時のものである。また曲線71は内側電磁石コイル24と外側電磁石コイル25との起磁力の比を5:1とした時の成膜膜厚分布特性を示したものである。第9図の曲線71、72は、ターゲット平板21の第1の主面から、成膜対象基板などの距離を80mm、スパッタガスとしては純度99.999%のアルゴンガスを用い、スパッタガス圧力は 5.4×10^{-2} torrとした条件で得たものである。

第9図の縦軸には該成膜対象基板上での成膜

17.

速さを示したものであり、横軸は、本実施例のスパッタ電極構造体の電極部分の中心軸から半径方向外向きにとった、該成膜対象基板上の距離(mm)である。

第9図にて明らかなように、外側電磁石コイル25に与える起磁力を増大させ相対的に、内側電磁石コイル24に与える起磁力との差を小さくすることにより、プラズマリングの直径が小さくなり、第6図中の曲線62に示した如き成膜膜厚分布特性が得られ、逆に外側電磁石コイル25に与える起磁力を小とすることにより、プラズマリングの直径が大となり、第8図中の曲線61の如き成膜膜厚分布特性が得られる。

第9図中の71、72の成膜膜厚分布を得るために外側電磁石コイル5の起磁力を変化させても、該プラズマリングは移動するものの、グロー放電の放電インピーダンス、すなわち、「ターゲットに印加した電圧」+「ターゲットに流れる電流」には±5%以上の変化はなく、前述した如く、本実施例にては、起電力出力特性をも

18.

つスパッタ電源部を使用しているため、結局ターゲットに加えられたスパッタ電力は殆んど変化しない。

このために、一定のスパッタ電力を印加するという本実施例の条件下では、プラズマリングの直径を小としたときには、プラズマリングの面積、すなわち、該ターゲット平板上の第1の主面にてスパッタリングにより浸食を受ける領域の面積は小さくなることから、ターゲット平板21の第1の主面上の単位面積あたりの電力が増加する。よく知られているように、プレーナマグネトロンスパッタリングにおいては、ターゲット平板上の浸食領域に投入される単位面積あたりの電力に対して、成膜対象基板上における成膜速度がほぼ比例する。したがってプラズマリング径の小なる時には、該成膜対象基板中心領域に於ける成膜速度は、プラズマリング径が大なる時に比し、第9図に示されているように大となっている。

第8図に示した単峰および双峰の成膜膜厚分布

. 19 .

ことが好しい。何故なら、この浸食量が不つりあいであれば、いずれかの浸食領域での浸食深さが先にターゲット平板の板厚に達し、ターゲット平板の寿命が両浸食領域で均一に浸食が進行する場合に比べ、ターゲット平板の寿命が短いといえる。

第10図は第9図の曲線71、72で示される成膜膜厚分布特性を実際に成膜を行い合成した、代表的な合成成膜膜厚分布特性を示したものである。±5%の膜厚偏差を許容し、最も広い面積にわたって均一な成膜膜厚を得るために、第9図の曲線71、72を計算上合成させ、その条件のなかから、最もプラズマリング径の小なる時間が長くなるものをえらび、成膜を行った。第10図中○印は第9図に示された成膜膜厚分布特性から、計算により求めたプロットであり、実線81は、実際に成膜を行った実測値であり、非常によい一致を見せている。

第10図中の曲線81の成膜条件は、第9図の成膜膜厚分布特性を求めたものと同一である。

. 21 .

布特性を合成し、広い面積にわたることができるだけ均一な成膜膜厚分布を得るためには、1枚の成膜対象基への成膜工程中にプラズマリング径を小としている時間とプラズマリング径を大としている時間との比をうまくえらんでやる必要がある。上記したプラズマリング径が小の時に中央での成膜速度がプラズマリング径が大の時に比し大であるという点から、必然的に「プラズマリング径を小としている時間」+「プラズマリング径を大として時間」という比を1以下にしてやらなければ、最適な膜厚分布特性を該対象基板上で得ることはできない。

更に、ターゲット平板上への単位面積あたりのスパッタ電力の投入量に対し、その浸食を受ける領域での浸食量、すなわち該ターゲット平板の厚さ方向への浸食の進行は比例すると考えられるので、プラズマリング径が小の位置に対応したターゲット平板上の領域での浸食量と、プラズマリング径が大の位置に対応したターゲット平板上の領域での浸食量とを一致させる

. 20 .

また内、外側電磁石コイルの励磁条件は、内側電磁石コイル24の起磁力はMP=41からの指令でV/A変換器44a、及び電流増幅器45aを介して10000アンペアターン一定であり、外側電磁石コイルMP=41からの指令でV/A変換器44b及び電流増幅器の起磁力は、図9に示す如き、矩形波状のパルス電流によりプラズマリング径最大の状態の時間T1を10秒間と、2000アンペアターンで且プラズマリング径最小の状態の時間T2を2秒間としたサイクルを周期T0を12秒で10回繰り返した。

なおT1の時間は零電流でも負電流でもよい。

以上、実験結果も交えて述べたように、均一な成膜膜厚分布を得るということと、ターゲット平板の寿命を短くしないという2つの観点から、第7図及び第8図について述べた成膜膜厚分布を合成するという本発明の基本的な第1の技術思想は、投入スパッタ電力が一定という条件下では「プラズマリング径が小の時間」+「プラズマリング径が大の時間」という比が1未

. 22 .

滴となるように、内、外側電磁石電流のそれぞれの大きさを変化させることにあり、逆に上記した時間の比が1以下であるような各電磁石の励磁方法に、ターゲット平板の利用効率ないしは寿命を向上させながら、平坦な成膜膜厚分布を得ることのできる条件が存在しているのである。

従来技術である固定磁場のプレーナマグネトロン電極ではターゲット平板の局部的な浸食が進行するに従い、急峻なターゲット平板の断面で云えば断面形状がV字となるが如き谷が形成され、このV字谷形成の進行に伴って、成膜膜厚分布が劣化してゆくことについては既に述べた。このことをより具体的に説明すればターゲット平板の消耗時間が短い時にはよく知られたようにスパッタリングによりターゲット平板材料の飛散の仕方は余弦則に従って第12図(a)に示すが如き分布(曲線101)となっており、比較的広い立体角の範囲にスパッタされた粒子は飛散される。

23.

分布特性は実用的と思われる $\pm 5\%$ の範囲(図12曲線123では $+10\%$)をこえてしまう。

第15図は本発明の第2の基本的思想と最も著しい効果を示すものである。

第15図は第10図に示した合成膜厚分布を得る条件、すなわち、プラズマリング径を1:5の割合で、小さくまたは大きくしながら成膜を続けた時の成膜膜厚分布特性の経時変化を示したものであり、第14図と同様、6kVのスパッタ電力一定とした。曲線131は0時間、132は20時間、133は40時間、134は60時間ターゲット平板を消耗させた時の成膜膜厚分布特性である。

第14図と第15図を比較して明らかなことは、プラズマリングの大きさを周期的に変化させることにより、ターゲット平板の浸食領域を拡大することをすれば、V字谷の形成がおそくなる。またはV字谷の頂角の角度が大となることにより、成膜膜厚分布の経時変化が実用上殆んど問題とならぬ程度にしか起らぬということである。

25.

これに対し、前述したV字谷がターゲット平板に形成されてゆくと、第12図(a)に示した飛散方向分布は第13図(a)に示す如く曲線111に示すようにその立体角をせばめてゆく。曲線101と曲線111に対応した成膜膜厚分布の概略は第12図(e)、及び第13図(e)の曲線102、112に示すが如くであり、V字谷の形成により、成膜膜厚分布は肩が立ち、成膜膜厚分布が劣化する。

第14図は、第2図及び第3図に示した本発明の実施例において、内側および外側電磁石コイルの起磁力を同一とした時の成膜膜厚分布の経時変化を示したものである。曲線121は、スパッタ電力6kV一定で、0時間使用後、122は10時間、123は20時間、124は30時間、使用後の成膜膜厚分布特性である。また曲線121、122、123、124での最大浸食深さ、すなわちV字谷の底の深さはそれぞれ0、2、4、6mmであった。

第14図から明らかなように、最大浸食深さが6mmに達すると $\phi 150$ mmの基板に対して成膜膜厚

24.

以上のことは第16図によっても確認することができる。

第16図は第14図と第15図の条件にて、30時間ターゲットを消耗させた時のターゲット平板21の浸食領域の断面形状を実測したものである。曲線141は第14図の条件、すなわち、プラズマリングの大きさを一定とした場合、また曲線142は第15図の条件、すなわちプラズマリングの大きさを周期的に変化させた場合のものである。曲線141のV字谷は曲線142に比較してその頂角がせまく、成膜膜厚分布特性上により大きな肩があらわれることが確認できる。

以上第2図に示した実施例について述べてきたが、第10図に示したように $\phi 150$ mm程度基板を成膜対象としてきた。しかし、本発明は更に大面積の基板への成膜についても適用できる。

第16図の曲線142からもわかるように、 $\phi 150$ mm程度の大きさの基板に対しては浸食領域の振り幅は大きくとらなくとも、十分な成膜膜厚分布特性を得ることができる。しかし、本発明に

26.

かかるスパッタ電極により大面積の基板に対する成膜を行う際にはターゲット平板21の大きさも基板に合せて、大きくしなければならない。

この場合には、以上に述べてきた単純な2位置のみにブラズマリングの発生場所を制御する方法では、第16図の曲線142の如く浸食領域が連続した形とはならない。すなわち第16図の曲線141の如き環状浸食領域がターゲット平板21上に2重に離れて形成されることになり、ターゲット平板21の材料利用効率が低下する。したがってこの2重にできた円環状の浸食領域の間の領域に1重または多重の浸食領域を形成することにより、材料利用効率を向上をはかることができる。この場合、MP41からのデジタル指令信号によってD/A変換器44bでアナログ値3号に変換され、電流増幅器45aにより外側電磁石コイル25に印加する電流波形の一例を第17図に示す。

第17図中に示す T_1' の時間だけブラズマリングの直径は最大であり、次の T_2'' 、 T_3' とブラ

27

けを行うということが本発明の基本的な技術的思想である。

ブラズマリング径の大きさを変化させるためには本発明に係わる第2図の実施例では、内側電磁石コイルによる起磁力と外側電磁力コイルによる起磁力の相対的強度を変化させればよいことは前にも述べた。

更に電磁石の励磁電源部の構成の容易さについては、外側または内側電磁石のどちら一方のコイルに印加する電流のみを変化させるだけでブラズマリング径の大きさを変化させるのが有利であり、第11図、第17図に示した制御方法では、外側電磁石コイル25に印加する電流値の制御を例にとり説明を行った。

本発明に係わる更に他の実施例として第18図に示す如く、中央磁極の一部ないし全体を一定強度の磁束発生手段すなわち、第18図では永久磁石2001に置きかえ、外側電磁石コイル25に印加する電流のみを第11図ないしは第17図の如き波形のものとすれば、第2図の実施例と

ズマリング径は小さくなり、再び、 T_2'' 間中位の大きさをとり、初期の状態に戻る。ブラズマリング径が中位となっている時間を T_2' とすると、 $T_2' = T_2'' + T_2'''$ である。一定スパッタ電力の条件下においては、前述したとおり、ターゲット平板21の浸食深さが、いずれのブラズマリング径に対応した浸食領域でもそれぞれが同程度となり、ターゲット平板のできるだけ広い面積が均一に消耗してゆくためには、

$$T_1' > T_2' > T_3' \quad (10)$$

の条件が必要不可欠である。

第11図、第17図に示されたいずれのブラズマリング径の制御方法においても、スパッタ電力が一定という条件下に於ては、ブラズマリング径がより大である時のそのブラズマリング径₁₅を維持する時間をそのブラズマリング径よりも、より小さなブラズマリング径を維持する時間よりも、より長く保つということが、ターゲット平板をできるだけ広い面積にわたり均一に消耗させ、かつ成膜対象基板上に均一な厚さの膜付

28

同様にブラズマリング径の大きさの制御が可能である。

更に他の本発明に係わる実施例として、第17図の如く、外側磁極を一定強度の磁束発生手段すなわち第19図では永久磁石2002に、その一部または全体を置きかえ、内側電磁石コイル24に印加する電流のみを第11図ないしは第17図の如き波形のものとすれば第2図に示した実施例と同様にブラズマリング径の大きさを制御することが可能である。ただし、第19図の実施例の場合には、内側電磁石コイル4に印加する電流値を小とするとブラズマリング径は小となり、また逆に内側電磁力コイル4に印加する電流値を大とするとブラズマリング径は大となる。

したがって、本発明の要点であるブラズマリング径の大きさが大である時間をブラズマリング径の大きさが小である時間よりも長くするためには、例えば第17図を内側電磁力コイル24の励磁電流波形とすれば、外側電磁石コイルの場合とは逆に $T_1' < T_2' < T_3'$ の条件が必要不可欠

29

30

である。

以上本発明にかかわる実施例として、ターゲット平板21及びバックングプレート22に電気的導通状態にある電極支持体30に供給するスパッタ電力が、プラズマリングの位置によらず一定である場合の制御方法について述べてきたが、このスパッタ電力をプラズマリングの径の制御に組み合わせ、均一な厚さの成膜を行うことも可能である。

以下それについて具体的に説明する。

できるだけ大面積にわたり均一な厚膜を得るために前述のように、スパッタ電力が一定という条件下では「プラズマリング径が小である時の時間」+「プラズマリング径が大である時の時間」の値が1以下である必要があった。

例えば、第11図に示した如き外側電磁石コイル25の励磁波形を第20図に示す如き、波形(181)すなわち励磁電流が大である時間と励磁電流MPU41からD/A変換器44bに与える信号に同期させた指令をD/A変換器が小である時間と

を同じ長さで設定する。

更に第4図に示すようにMPU41からD/A変換器44bに与える信号に同期させた指令をD/A変換器47に与え、D/A変換器47でアナログ信号に変換し、電力増幅器48で増幅し、電極支持体30に供給する電力を第20図(a)中182で示す如く矩形波状に、第2図(a)に示す外側電磁石コイル25の励磁波形と同期させて変化させる。即ち外側電磁石コイル25の励磁電流が小であるときにプラズマリング径が大となり、浸食領域でのスパッタ電力密度が、スパッタ電力一定の条件下ではプラズマリング径が小のときに比較し、低下する。したがって、プラズマリング径が大であるときにMPU41から電力増幅器48に与える信号を高くして電極支持体30に供給するスパッタ電力を増加させ、プラズマリング径が小である時にMPU41から電力増幅器48に与える信号を低くして電極支持体30に供給するスパッタ電力を減少させれば、均一な成膜膜厚分布を得ることができる。

. 31 .

以上のようにプラズマリング径の大きさに応じて、電極支持体30に供給するスパッタ電力を増減すれば、第10図に示した合成成膜分布を得ることができる。

第21図(a)、(b)は以上述べた考えを更に展開したもので、MPU41からの指令で電流増幅器45bを介して外側励磁電流191を正弦波的に増減させるとともに、MPU41からの指令でこの波形に同期し、電力増幅器48を介してスパッタ電力を正弦波状に変化させた例である。このようにしても第11図に示した外側電磁石コイル電流の制御方法による場合と全く同様の効果を得ることができる。

更に、第17図に示した如き、プラズマリング径を段階的に2回以上にわたって変化させる制御方法を採る時にも、上記した技術的思想をあてはめることができ、この例を第22図(a)、(b)に示す。

第22図(a)に示す201は外側電磁石コイル25の励磁電流波形で、 $T_1' = T_2' = T_3'$ としてある。

. 32 .

202は、201に同期した電力増幅器47から電極支持体30に供給するスパッタ電力の制御波形を示したもので、201と同様に階段状の波形となる。第22図の例では $T_1' = T_2' = T_3'$ としたがこれらの値のとり方は、実現可能な範囲で自由であり、スパッタ電力の制御波形と、外側電磁石コイル25の励磁波形と組み合わせ、最適な成膜特性を得るようにする。

上述した例は外側電磁石コイル25の励磁制御のみを例にとったが、内側電磁石コイル24の励磁電流を変化させる場合についても、この電流波形は丁度上が逆になった形となるが、同様な効果を得ることができる。

なお、出力電力検出部49は、電力増幅器48から電極支持体30に供給される電力が瞬時に変動がないように電力増幅器48にフィードバックする回路である。

また、シールド32は接地され、シールド32の上端とターゲット平板21との間にスパッタ電力が与えられる。よってターゲット平板21とシ

. 33 .

. 34 .

ルド32との間に与えられるスパッタ電力が増加すると、グロー放電の A^+ がターゲット平板21に衝突する量が増大し、スパッタ量が増加する。

以上述べた如く、本発明のプレーナーマグネトロ方式のスパッタリングによれば、環状のプラズマ発生領域を大きく振らせると共にそれに同期させてスパッタ電力を増減させることができ、堆積膜厚を均一な分布が得られ、且実用に供することができる効果を奏する。

4 図面の簡単な説明

第1図は従来プレーナマグネトロンスパッタ電極の概略断面図、第2図は本発明に係るプレーナマグネトロンスパッタ電極を示す断面図、第3図は第2図の斜視図、第4図は第2図及び第3図に示す電磁石を駆動する駆動装置の構成を示す図、第5図及び第6図は本発明に係るスパッタ電極上の磁場測定例を示す図、第7図は膜厚分布特性の変化を計算によって求めた例を示した図、第8図は膜厚分布特性の合成を概念的に示した図、第9図は本発明の実施例による

膜厚分布特性を示した図、第10図は第9図に示す膜厚分布を合成した合成膜厚分布の一例を示した図、第11図は第10図に示す合成膜厚分布を得るために、内側電磁石コイルの起磁力を一定とし、外側電磁石コイルの起磁力を周期的に制御する場合の電流波形を示した図、第12図及び第13図はターゲットの浸食の進行に伴う成膜膜厚分布特性の変化を説明する概念図、第14図は第2図及び第3図に示す内側および外側電磁石コイルの起磁力を同一にしたときの成膜膜厚分布特性の経時変化を示した図、第15図は本発明のように内側電磁石コイルの起磁力を一定にし、外側電磁石コイルに第11図に示す同期的な電流波形を印加した場合の成膜膜厚分布特性の経時変化を示した図、第16図は本発明の実施例におけるターゲット平板の消耗状態を示す図、第17図はより大面積な成膜対象基板に成膜を行うために外側電磁石コイルに印加する電流制御波形の一例を示した図、第18図は本発明において、中央電極を永久磁石に置きかえた実施例を示し

35.

36.

た図、第19図は本発明において外側磁極を永久磁石に置きかえた実施例を示した図、第20図(a)は外側電磁石コイルに流す電流波形の一実施例を示した図、第20図(b)は電極支持体に供給するスパッタ電力波形を示す図、第21図(a)は第20図(a)と異なる他の一実施例を示した図、第21図(b)は第21図(a)に対応させたスパッタ電力波形を示す図、第22図(a)は更に異なる電流波形を示した図、第22図(b)は第22図(a)に対応させたスパッタ電力波形を示す図である。

20…成膜対象基板 21…ターゲット平板

22…バックングプレート

23…磁界発生用ヨーク

24…内側電磁石コイル 25…外側電磁石コイル

ル

30…電極支持体 32…シールド

41…マイクロプロセッサ 42…メモリ

43…キーボード

44、44a…D/A変換器

45、45a…電流増幅器 46…検出部

47…D/A変換器

48…電力増幅器

49…検出部

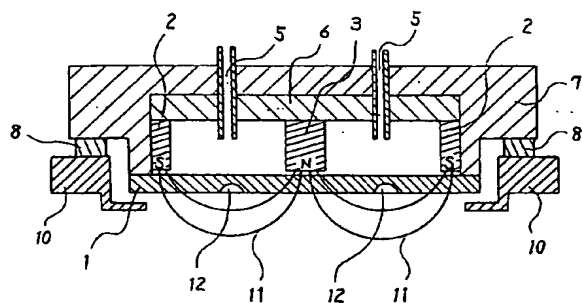
代理人弁理士 薄田



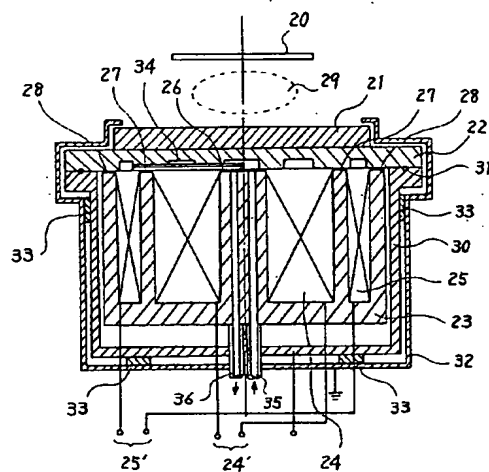
37.

38.

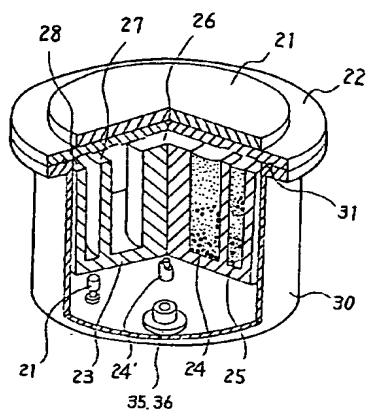
第 1 図



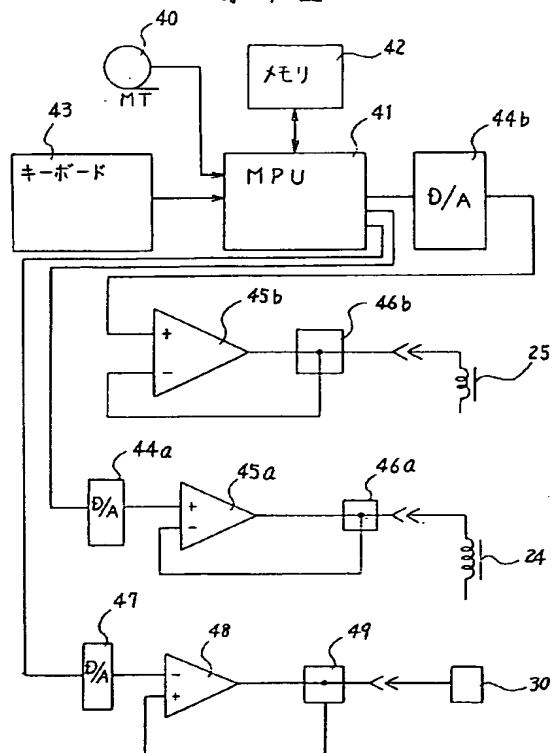
第2図



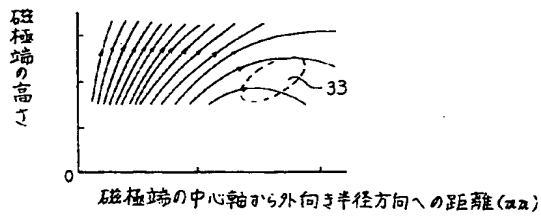
第 3 図



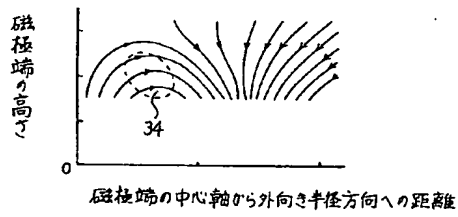
第 4 図



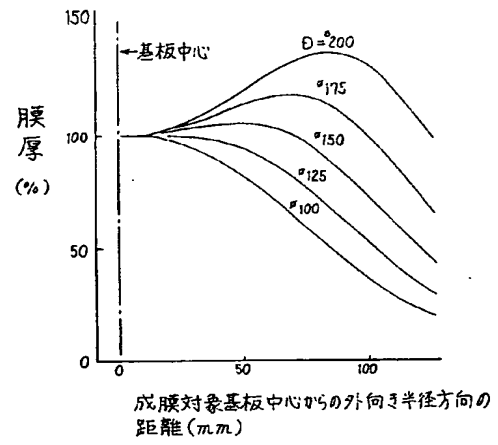
第5図



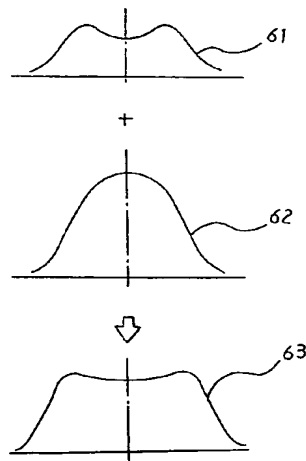
第6図



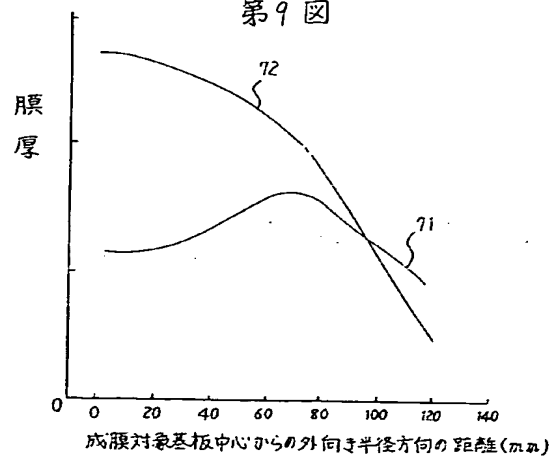
第7図



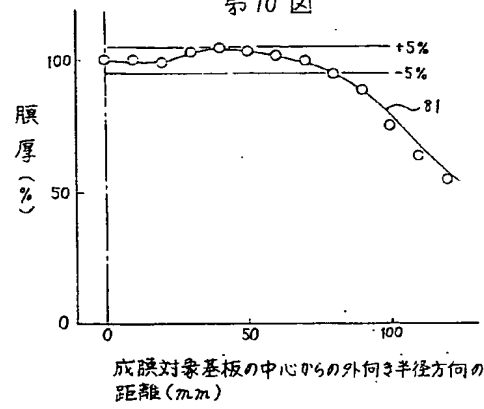
第8図



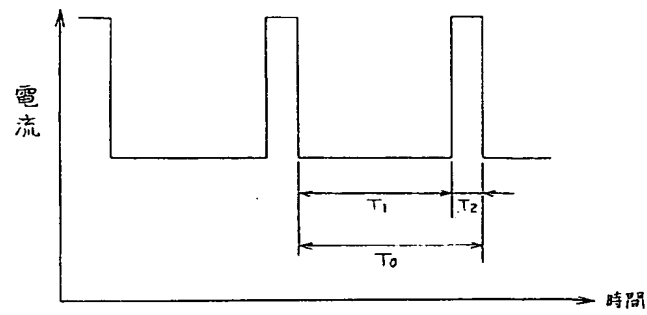
第9図



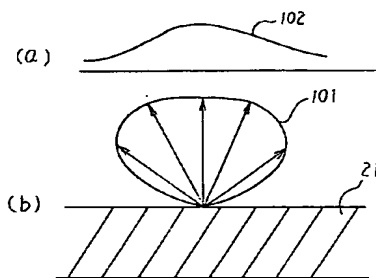
第10図



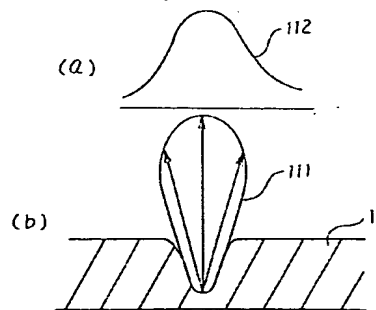
第11図



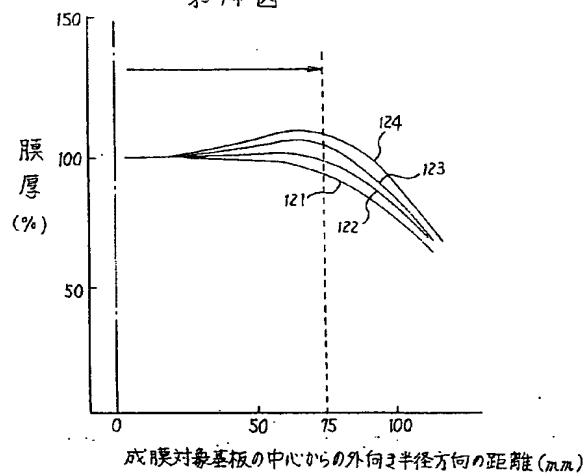
第12図



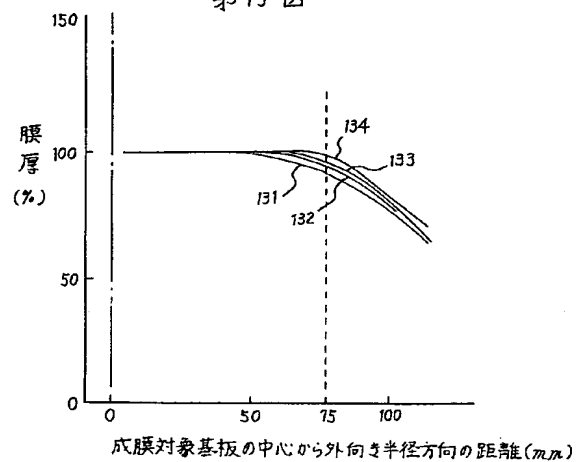
第13図



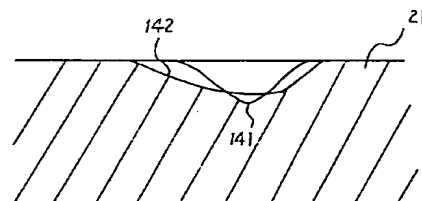
第14図



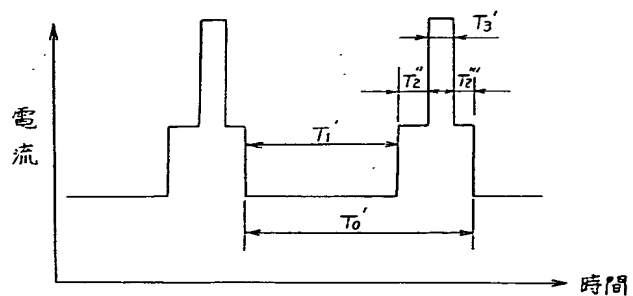
第15図



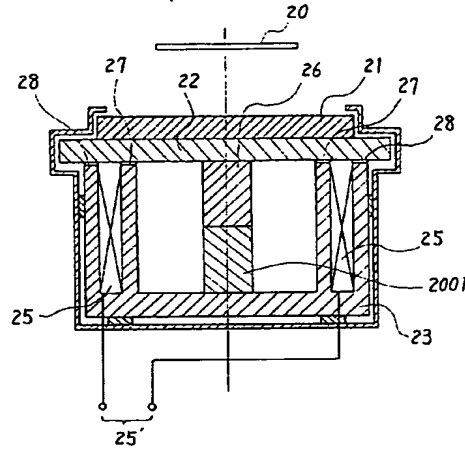
第16図



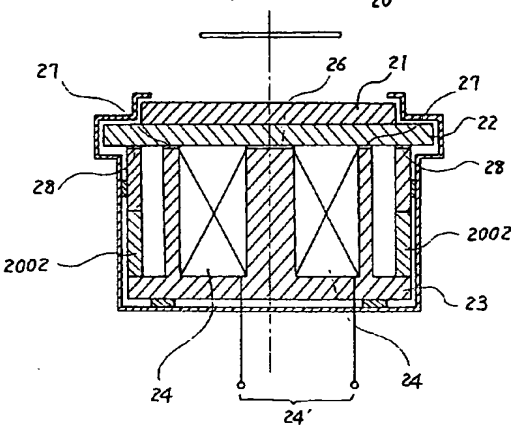
第17図



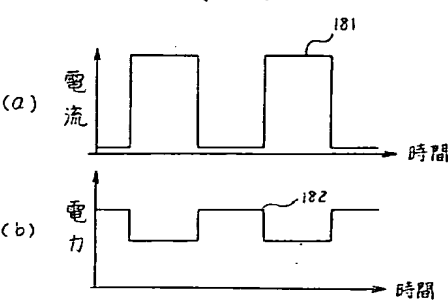
第18図



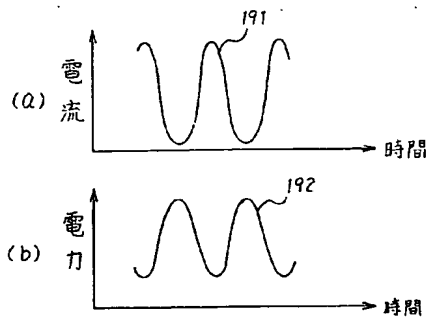
第19図



第20図



第21図



第22図

